



山东蓬莱大赵家地区金矿蚀变带地球物理特征及找矿方向

于爱丽¹, 赵晶², 赵瑞峰^{3*}, 栾翔宇³, 张珂毓³

(1. 烟台市土地储备和利用中心, 山东 烟台 264003; 2. 烟台市国有资产运营保障中心, 山东 烟台 264003; 3. 山发海岳环境科技(山东)股份有限公司, 山东 烟台 264006)

摘要:综合地球物理方法对隐伏金属矿产勘查具有良好的指示作用,研究区位于胶东半岛北部、栖霞-蓬莱成矿带西侧大赵家地区,金矿成矿地质条件优越。本文针对蓬莱大赵家地区,利用岩矿石之间的物性差异,通过综合地球物理勘探圈定物探异常,发现多条矿化蚀变带,其中Ⅰ号、Ⅲ号蚀变带规模相对较大,并在平面和垂向上反应蚀变带的赋存特征,基本了解了该区蚀变带的分布及深部特征;根据区域地质、地球物理特征结合物探工作成果,分析了蓬莱大赵家地区金矿找矿前景,认为Ⅰ号、Ⅲ号蚀变带成矿潜力较好,为下一步该区金矿找矿工作指明了方向,对指导该区地质找矿具有重要意义。

关键词:地球物理特征;蚀变带;金矿;蓬莱大赵家

中图分类号:P588.12;P595

文献标识码:A

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2025.02.003

引文格式:于爱丽,赵晶,赵瑞峰,等.山东蓬莱大赵家地区金矿蚀变带地球物理特征及找矿方向[J].山东国土资源,2025,41(2):14-21. YU Aili, ZHAO Jing, ZHAO Ruifeng, et al. Geophysical Characteristics and Prospecting Direction of Dazhaojia Area in Penglai City in Shandong Province[J]. Shandong Land and Resources, 2025, 41(2): 14-21.

0 引言

应用地球物理方法取得的地球物理场,是岩石层中不同物性界面所产生的效应,蕴藏着丰富信息^[1]。随着科技不断进步,现阶段的地球物理勘探方法对隐伏矿床找寻及预测具有很强的指导性^[2]。蚀变带作为重要的可能含金的岩体,研究蚀变带的赋存特征,对金矿找矿有一定的指示意义^[3]。

研究区位于胶东半岛北部、栖霞-蓬莱成矿带西侧大赵家地区,区内出露的新太古代胶东岩群变质岩系,呈不规则包体状分布于侵入岩中,是区内基底岩石的组成部分,亦是金矿的原始矿源层^[4]。在研究区外围的断陷盆地中分布有中生代莱阳群沉积岩和火山岩。该区金矿成矿地质条件优越^[5]。为了解大赵家地区含金蚀变带分布及深部赋存情况,本文

采用综合物探方法圈定地球物理异常,了解了含金蚀变带展布以及赋存特征,对大赵家地区金矿找矿前景进行了分析,取得了较好的效果。

1 地质背景

1.1 区域地质

区域地层比较简单,主要有太古界胶东岩群、古元古界荆山群和粉子山群、新元古界蓬莱群、中生界白垩系莱阳群、青山群和王氏群及第四系松散沉积物沿河谷及山前坡地零星分布^[6-9](图1)。

区内脆性断裂构造较为发育,按其空间展布分为NNE向、NE向、近EW向和NW向4组,其中NNE向和NE向是区内主要的控矿构造,其规模大小不等,控制了区内蚀变带、金矿蚀变带及各种脉岩的分布^[10-12]。

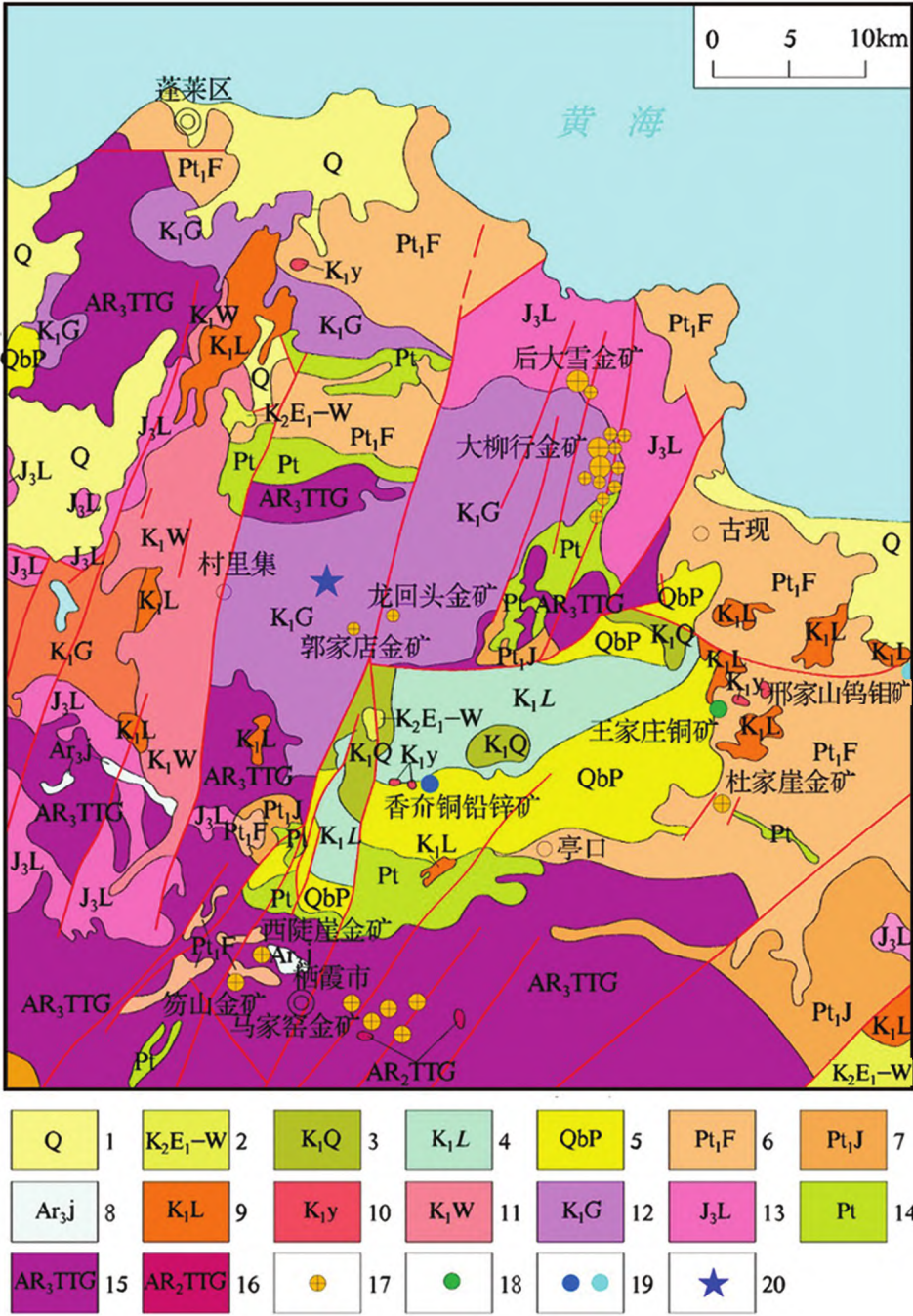
收稿日期:2024-09-24;修订日期:2024-11-12;编辑:王敏

基金项目:烟台市2023年度战略性矿产勘查项目,项目编号SDGP370600000202302000142

作者简介:于爱丽(1983—),女,山东烟台人,工程师,主要从事经济管理专业;E-mail:985947579@qq.com

*通信作者:赵瑞峰(1984—),男,山东济宁人,高级工程师,主要从事地质矿产勘查、工程地质研究工作;E-mail:zhaorf1984@163.com

• 14 •



1—第四系;2—王氏群;3—青山群;4—莱阳群;5—蓬莱群;6—粉子山群;7—荆山群;8—胶东岩群;9—崂山序列花岗岩;10—雨山序列花岗岩;11—伟德山序列花岗岩;12—郭家岭序列花岗闪长岩;13—玲珑序列花岗岩;14—古元古代莱州序列基性—超基性岩;15—新太古代 TTG;16—中太古代 TTG;17—金矿床;18—铜矿床;19—钨、铅锌矿床;20—研究区位置。

图 1 蓬莱—栖霞地区地质简图(据田京祥等^[11])

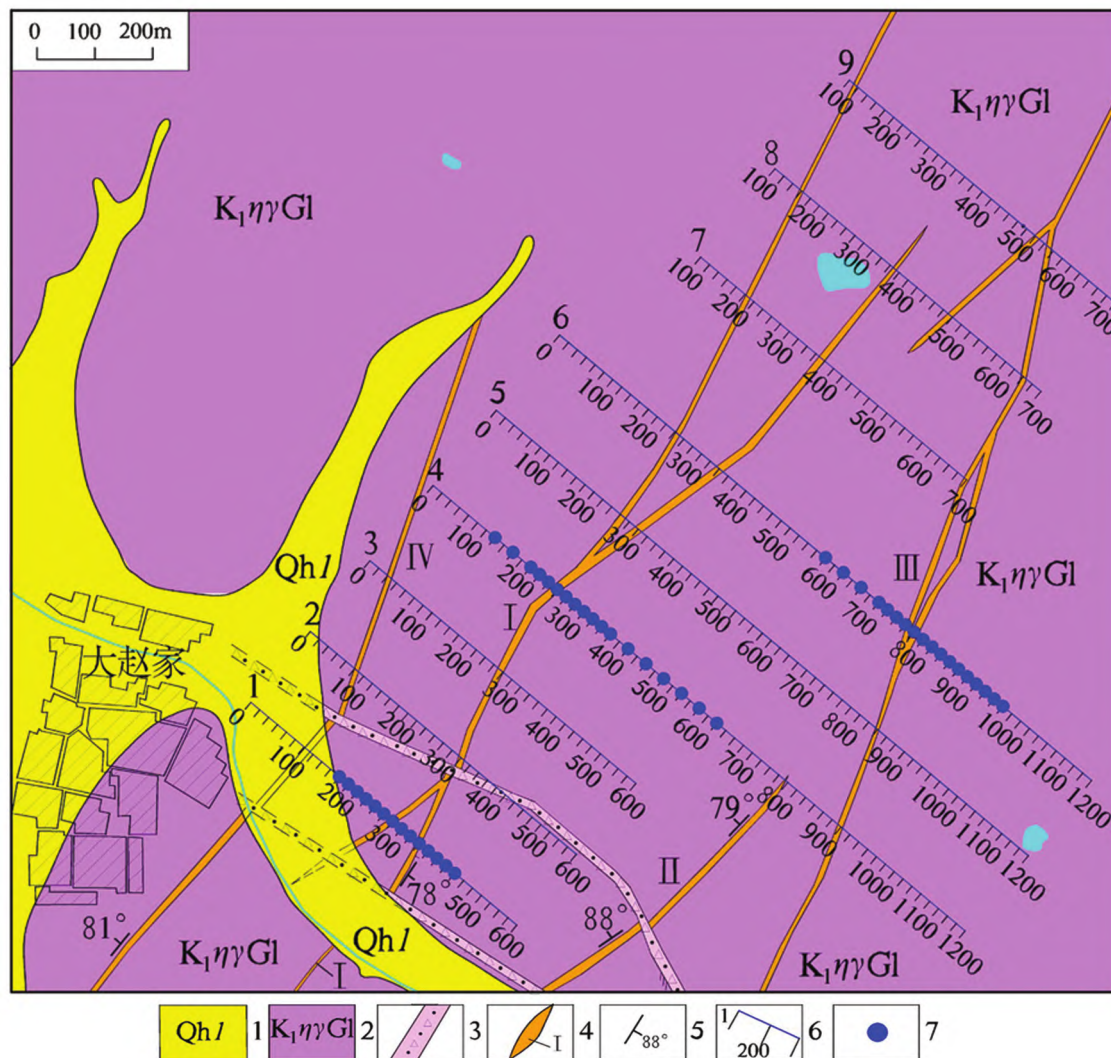
区内岩浆岩发育,分布广泛,岩浆岩主要有太古代 TTG、古元古代花岗岩和基性—超基性岩、中生代花岗岩等。其中研究区主要为郭家岭花岗闪长岩,呈巨大岩基状与胶东岩群地层侵入接触,其次为中基性脉岩,呈脉状充填与断裂破碎带中,主要有煌

斑岩、石英闪长玢岩、石英斑岩等,中生代岩浆岩为金成矿提供热源,并使围岩中成矿物质重新组合、迁移在有利部位沉淀、富集成矿^[13-15]。

1.2 研究区地质

研究区位于烟台市蓬莱区大赵家村东 1 km 处,出露地层简单,主要以第四纪临沂组为主,分布

于研究区西南部的河沟处,岩性主要为含砾混砂,砂砾、砾石、含砾砂土(图 2)。



1—第四纪临沂组;2—郭家岭序列罗家单元;3—构造破碎带;4—蚀变带及编号;5—产状;6—激电中梯剖面及点编号;
7—激电测深点位置。

图 2 蓬莱大赵家地区地质图(附物探工作部署)

区内构造主要为 NE 向断裂,其次为 NW 向断裂。NE 向断裂统称为郭家店断裂带,走向 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$,倾向主要为 NW,倾角 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$,长 $1 \sim 7.5$ km,宽 $3 \sim 10$ m,它切穿郭家岭岩体,断面呈舒缓波状,沿断裂有细粒花岗岩脉等脉岩充填,带内岩石遭受强烈挤压破碎,形成碎裂岩。区内分布的多条与其平行的次级断裂构造,为区内重要的控矿构造;NW 向断裂与 NE 向断裂相交,走向 316° ,主断面倾向 SW,区内出露长度 2100 m,宽 $10 \sim 13$ m,见滑动擦

痕、糜棱岩化、硅化,倾角 $75^{\circ} \sim 80^{\circ}$,属压扭性断裂,晚于 NE 向断裂。

区内广泛出露中生代燕山晚期郭家岭序列罗家单元,岩性为斑状中细粒含黑云二长花岗岩。岩石呈灰色,似斑状结构,块状构造,斑晶由钾长石、斜长石组成,粒径 $(0.2 \sim 0.5) \text{ cm} \times (0.5 \sim 1.5) \text{ cm}$,含量 5% ,基质花岗结构,矿物成分主要为斜长石($35\% \sim 40\%$)、钾长石($20\% \sim 25\%$)、石英($25\% \sim 30\%$)、黑云母($5\% \sim 10\%$)、角闪石($5\% \pm$),副矿物有榍石、

磷灰石、磁铁矿等。

2 地球物理特征

通过收集区域资料以及对胶东地区的主要岩性开展物性测量^[16-17],见表 1。研究区主要岩性为含黑云二长花岗岩,平均极化率约 1.7%,电阻率约

2 990 Ω·m,呈高电阻率,低极化率特征。当其岩石破碎时,电阻率则会降低;当含矿蚀变带中硅化、绢英岩化程度高时,往往呈现高阻的现象。石英脉一般呈高阻、低极化率特征,当其含黄铁矿时,极化率将升高,可能呈高阻、高极化率特征。上述电性特征为本次电法工作提供了依据。

表 1 主要岩(矿)石电性参数表^[16]

岩体地层	岩(矿)石名称	标本块数	极化率/%			电阻率/(Ω·m)		
			极大	极小	平均	极大	极小	平均
重熔型岩体	五爪山花岗岩	102	6.92	0.91	3.44	35000	110	5035
	玲珑花岗岩	581	6.63	0.06	2.77	8810	180	2019
	郭家岭花岗闪长岩	108	6.73	3.11	5.23	7670	625	4255
变质岩	混合岩化黑云斜长片麻岩	73	8.82	0.61	3.8	7815	533	3693
	黑云斜长角闪岩	20	6.50	2.21	3.99	4650	1240	2630
	斜长角闪岩	150	7.66	0.94	3.6	5690	50	534
	黑云斜长片麻岩	54	12.3	2.01	4.40	3060	116	941
	黑云片岩	30	9.23	4.25	6.00	1090	237	559
脉岩	石英脉	38	5.96	0.09	2.29	290000	2670	59500
	硅化脉	31	3.4	0.46	2.55	119000	273	4560
	煌斑岩	103	4.96	0.94	3.27	9430	17	800
蚀变岩	蚀变花岗岩	93	13.2	0.36	3.37	9990	235	1900
	碎裂花岗岩	89	5.96	0.90	3.54	2470	670	845
	黄铁矿化碎花岗岩	28	29.6	4.16	9.00	816	92	377
	黄铁矿化蚀变岩	98	60.1	1.36	7.72	1040	78	341
	褐铁矿化蚀变岩	31	4.36	0.73	2.21	993	67	244
金矿石	含金黄铁矿化蚀变	34	35.4	0.92	9.60	557	4	77
	含金黄铁矿化石英	30	89.6	27.9	56.4	1350	7	70
	含金黄铁矿	30	93.3	32.6	71.8	532	11	72
	含金蚀变花岗岩	51	10.8	4.12	7.25	9900	66	2270

3 工作方法及工作布置

3.1 工作方法

本次工作采用激电中梯和激电测深相结合的综合勘查方法,其中激电中梯异常在平面上反应蚀变带的赋存特征,激电测深异常在垂向上反应蚀变带的赋存特征^[18-19]。

3.2 工作布置

本次激电中梯供电 AB 距为 1 000 m,短导线测量,观测中间 600 m,剖面线距 150~260 m,剖面点距 20 m,MN=20 m,供电采用双向短脉冲供电方式,供电周期 16 s,延时 200 ms,采样宽度 M1=40 ms,叠加次数 2 次,共完成激电中梯剖面测量 7.0 km。

本次激电测深工作采用了对称四极等比装置,AB/MN=5,最小 AB/2 为 1.5 m,最大 AB/2=1 500 m,供电参数与激电中梯一致,供电采用双向

短脉冲供电方式,供电周期 16 s,延时 200 ms,采样宽度 M1=40 ms,叠加次数 2 次,布极方向与剖面方向一致,共完成激电测深 50 点。

具体工作部署见图 2。最终成果采用 sufer 绘制出等值线图后圈定异常。

4 研究区异常特征

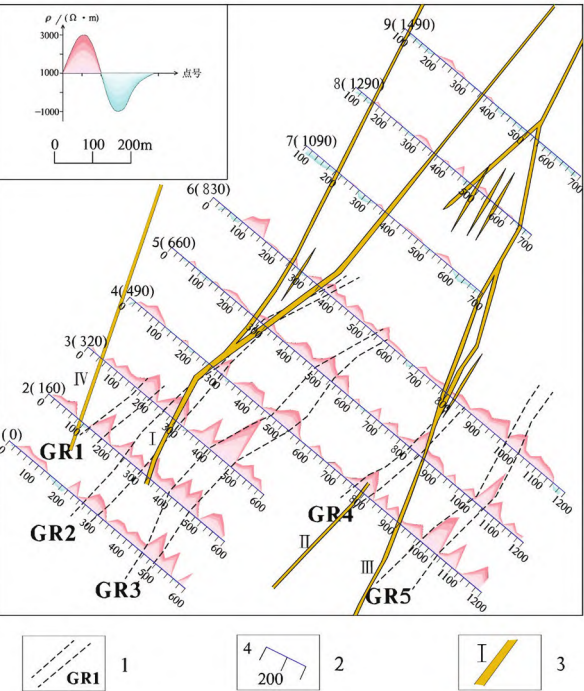
4.1 激电中梯异常特征及推断解释

由图 3 可以看出:共圈出高阻异常带 5 条,主要集中在 1~6 线之间,北部 7~9 线之间无明显电阻率异常特征,呈较低电阻率特征。从西到东依次编号为 GR1~GR5,异常特征见表 2。

由图 4 可以看出:共圈出高极化率异常带 7 条,主要集中在 1~6 线之间,北部 7~9 线之间无明显极化率异常特征,呈较低极化率特征。从西到东依次编号为 IP1~IP7,异常特征见表 3。

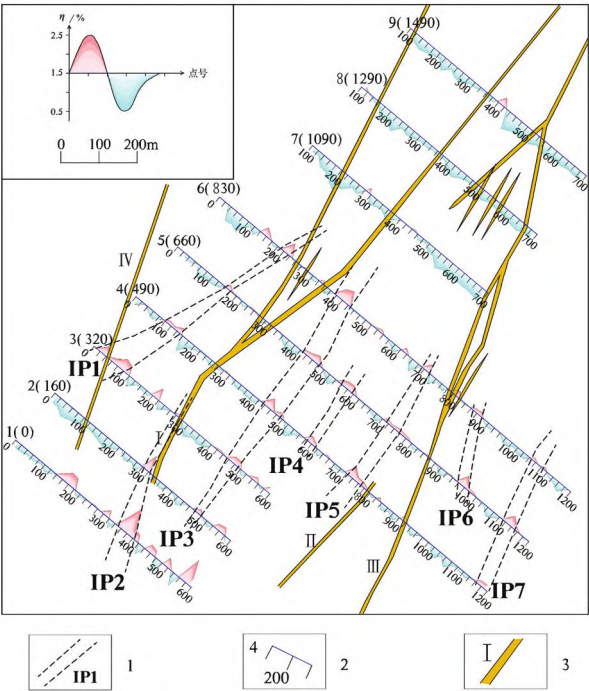
表 2 激电中梯视电阻率异常特征表

异常编号	位置	电阻率/($\Omega \cdot m$)	特征
GR1	2 线 140~180 号点 3 线 170~210 号点	3000~3500	走向长 160m, 宽度 40m, 走向 NE
GR2	1 线 250~300 号点 6 线 380~400 号点	2000~3500	走向长 830m, 宽度 20~50m, 走向 NE, 与 I 号蚀变带位置大体一致
GR3	1 线 460~500 号点 6 线 560~580 号点	2500~3500	走向长 830m, 宽度 20~80m, 走向 NE, 与 I 号蚀变带位置大体一致
GR4	4 线 770~810 号点 6 线 820~850 号点	2000~3500	走向长 340m, 宽度 40m, 走向 NE, 4 线位置与 II 号蚀变带位置大体一致, 5 线位置与 III 号蚀变带位置大体一致
GR5	4 线 1000~1040 号点 6 线 1000~1040 号点	3000~4500	走向长 340m, 宽度 20~40m, 走向 NE, 4 线位置与 II 号蚀变带位置大体一致



1—高阻异常部位及编号;2—激电中梯剖面及点编号;3—蚀变带及编号。

图 3 激电中梯视电阻率剖面平面图



1—高极化率异常部位及编号;2—激电中梯剖面及点编号;3—蚀变带及编号。

图 4 激电中梯视极化率剖面平面图

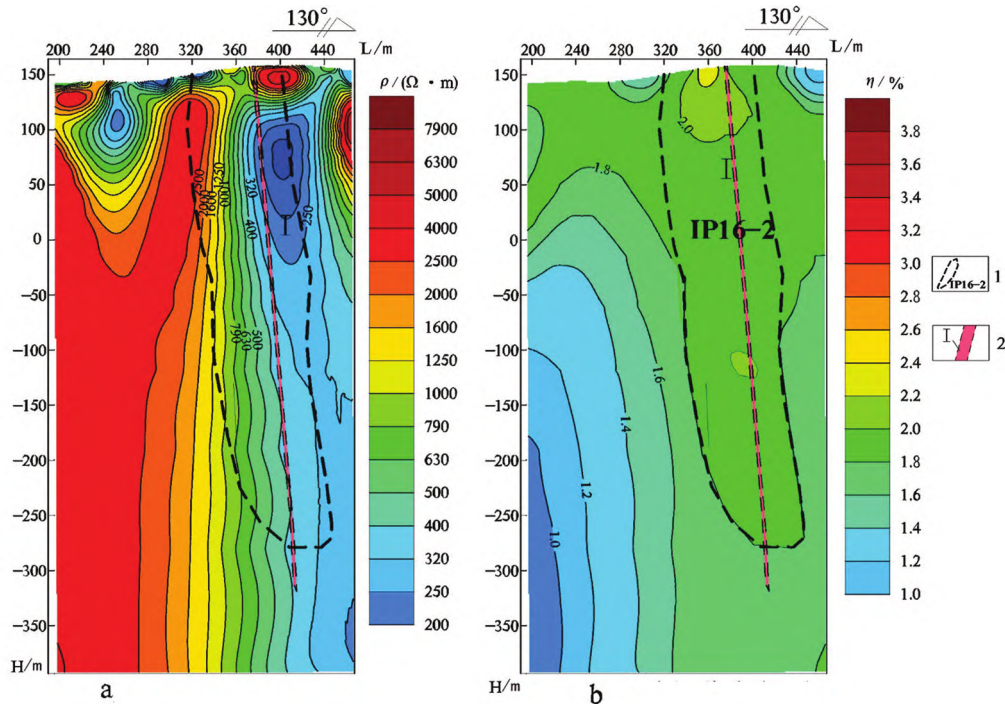
表 3 激电中梯极化率异常特征表

异常编号	位置	极化率/%	特征
IP1	3 线 10~100 号点 6 线 220~230 号点	1.7~2.0	走向长 540m, 宽度 20~100m, 走向 NE, 3 线 10~100 号点极化率异常较强, 位于 IV 号蚀变带上, 其余测线异常较弱
IP2	1 线 360~400 号点 3 线 280~300 号点	1.7~2.5	走向长 330m, 宽度 20~40m, 走向 NNE, 该异常带 2 线, 3 线与 I 号蚀变带南部位置大体一致
IP3	2 线 480~500 号点 6 线 400~440 号点	1.7~2.5	控制走向长 670m, 宽度 20~40m, 走向 NE, 该异常连续性较好
IP4	4 线 590~610 号点 5 线 560~600 号点	1.6~1.8	走向长 170m, 宽度 20~40m, 走向 NE
IP5	4 线 720~770 号点 6 线 690~710 号点	1.6~2.0	走向长 340m, 宽度 20~50m, 走向 NE, 4 线高极化率异常位于 II 号蚀变带西北方向 30m
IP6	5 线 960~1000 号点 6 线 860~900 号点	1.6~2.1	走向长 170m, 宽度 20~40m, 走向 NNE
IP7	4 线 1160~1200 号点 6 线 1070~1110 号点	1.6~2.1	走向长 340m, 宽度 20~40m, 走向 NNE

4.2 激电测深异常特征及解释

根据激电中梯工作成果,结合该区以往地质勘探成果和野外地质测量成果,在 1 线、4 线和 6 线开展激电测深工作,主要成果如下。

由图 5 可以看出:IP16-2 异常位于高阻与低阻接触带部位,产状较陡,总体呈较高极化率,较低电阻率特征,其西侧为高电阻率特征,电阻率大于 $2\,000\ \Omega \cdot \text{m}$ 。

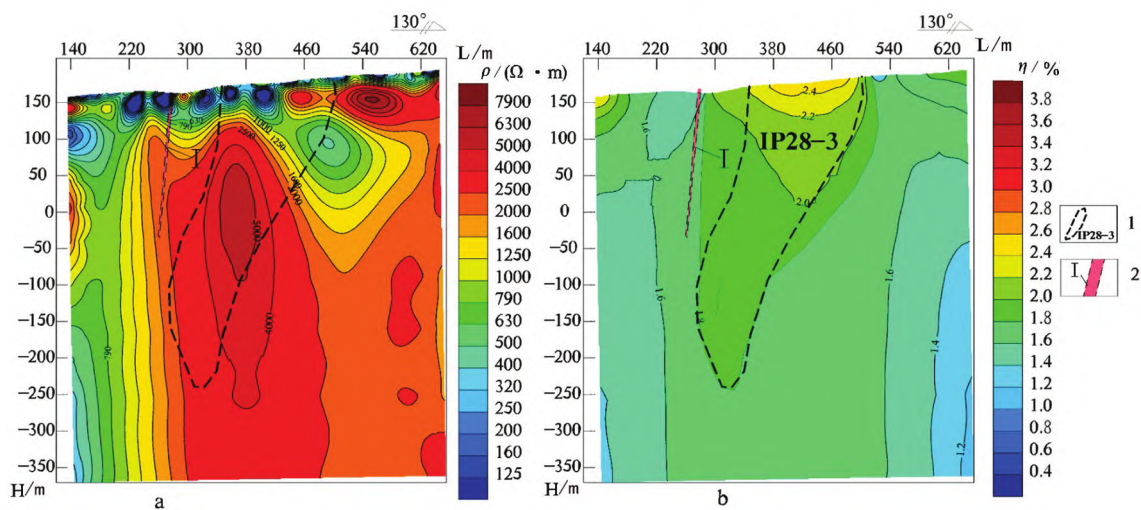


1—异常部位及编号;2—蚀变带及编号。

图 5 1 线激电测深反演电阻率(a)、极化率断面成果图(b)

由图 6 可以看出:IP28-3 异常主要呈高阻较高极化率特征,其浅部呈低阻较高极化率特征。350 号点存在 1 条破碎带,300~380 号点,标高 -200 m ~ +100 m 为该蚀变带向下延深部位,主要呈高阻

较高极化率特征。另外在 260~280 号点存在另外 1 条含石英脉破碎带,其浅部为低阻,深部为高阻,极化率约 1.6%~1.8%。



1—异常部位及编号;2—蚀变带及编号。

图 6 4 线激电测深反演电阻率(a)、极化率断面成果图(b)

由图 7 可以看出:IP36-3(Ⅱ)主要呈相对低阻、较高极化率特征。780 号点为Ⅲ号蚀变带地表出露位置,760~840 号点,标高-150 m~+200 m 为该蚀变带向下延深部位,主要呈相对低阻、较高极化率特征。IP36-3(Ⅲ)主要呈高阻较高极化率特征,其浅部为低阻,深部为高阻,极化率约 1.8%~2.2%。

5 找矿前景

综合剖面视电阻率、视极化率异常特征,结合地质情况,推测如下:

(1)IP2 高极化率异常带位于 I 号蚀变带南部及其延长方向上,与 GR2 高阻异常位置大体一致,视极化率极大值约为 1.7%~2.5%,推测为 I 号蚀变带引起,有进一步找矿前景。

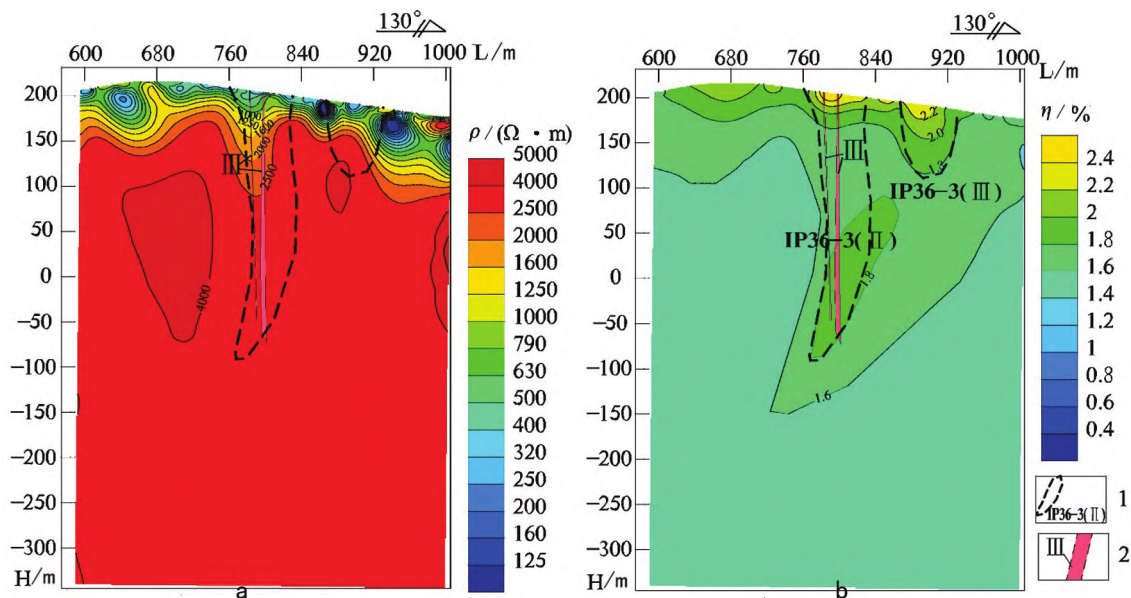
(2)IP3 高极化率异常带,与 GR3 高阻异常位置大

体一致,视极化率极大值约为 1.7%~2.5%,且连续较好,推测为一隐伏蚀变带引起,有进一步找矿前景。

(3)IP5 高极化率异常带,位于Ⅱ号蚀变带北部及其延伸方向,与 GR4 高阻异常位置大体一致,视极化率极大值约为 1.7%~2.0%,推测为蚀变带引起,有进一步找矿前景。

(4)IP1、IP4、IP6、IP7 高极化率异常带,因其视极化率异常幅度较小,且连续性较差,推测其找矿前景较弱。

(5)1 线剖面东南部(测深 360 号点)存在一条近直立的 I 号蚀变带,IP16-2 异常赋存部位及倾向与之大体一致,主要呈相对低阻、高极化率特征,推测 IP16-2 异常为蚀变带引起,含金属硫化物部位主要位于 320~440 号点,标高-280 m~+150 m,建议进行钻探验证。



1—异常部位及编号;2—蚀变带及编号。

图 7 6 线激电测深反演电阻率(a)、极化率断面成果图(b)

(6)4 线剖面中部(测深 400 号点)存在一条向西北倾斜的 I 号蚀变带(石英脉),IP28-3 异常赋存部位及其异常长轴倾向与之大体一致,呈高阻高极化率特征,推测 IP28-3 异常为 I 号蚀变带引起,含金属硫化物部位主要位于 280~500 号点,标高-250 m~+150 m,建议进行钻探验证。

(7)6 线剖面东北部(测深 800 号点)存在一条近直立的Ⅲ号蚀变带,IP36-3(Ⅱ)赋存部位及倾向与之大体一致,呈相对低阻、高极化率特征,推测

IP36-3(Ⅱ)为Ⅲ号蚀变带引起,含金属硫化物部位主要位于 760~840 号点浅部,标高-100 m~+200 m,且该蚀变带向深部有一定延深,建议进行钻探验证。

6 结论

(1)针对岩石物性差异,利用综合物探方法在蓬莱大赵家地区寻找与金矿有关的蚀变带效果较好。

(2)在大赵家地区开展综合地球物理剖面探测

发现多条矿化蚀变带。其中Ⅰ号、Ⅲ号蚀变带规模相对较大,成矿潜力较好。

(3)建议下步工作在地球物理探测基础上,通过钻探验证大赵家庄地区蚀变带的展布情况,大致查明Ⅰ号、Ⅲ号蚀变带的产状、厚度、走向等地质特征,对指导该区找矿工作提供示范。

参考文献:

- [1] 刘光鼎,郝天珧.应用地球物理方法寻找隐伏矿床[J].地球物理学报,1995(6):850-854.
- [2] 曹令敏.地球物理方法在金属矿深部找矿中的应用及展望[J].地球物理学进展,2011,26(2):701-708.
- [3] 孔庆友,张天祯,于学峰,等.山东矿床[M].济南:山东科学技术出版社,2006:219-290.
- [4] 丁正江.胶东中生代贵金属及有色金属矿床成矿规律研究[D].长春:吉林大学,2014:1-20.
- [5] 邹键.胶东臧家庄盆地边缘金及多金属矿床特征与成矿预测[D].北京:中国地质大学(北京),2018:1-20.
- [6] 山东省栖霞北部—蓬莱南部地区金矿床地质特征及找矿方向[J].地质找矿论丛,2000(1):46-50.
- [7] 宋明春,徐军祥,王沛成,等.山东省大地构造格局和地质构造演化[M].北京:地质出版社,2009:12-14.
- [8] 单伟,迟乃杰,熊玉新,等.山东省蓬莱-栖霞金成矿带地壳结构对金成矿的约束[J].山东国土资源,2023,39(3):5-13.
- [9] 李敏,刘传娥,迟乃杰,等.胶东蓬莱-栖霞金矿带侯格庄金矿流体包裹体特征及其地质意义[J].山东国土资源,2022,38(10):10-18.
- [10] 朱学强.鲁东栖霞地区新元古代蓬莱群构造演化[J].山东国土资源,2020,36(8):19-24.
- [11] 田京祥,侯建华,郭瑞朋,等.胶北地区古元古代基性—超基性岩锆石 U-Pb 定年、Hf 同位素组成及其构造岩浆演化意义[J].山东国土资源,2018,34(5):14-27.
- [12] 韩瑞胜.栖霞蓬莱群沉积相分析与沉积环境演化[D].青岛:山东科技大学,2010:1-20.
- [13] 牛保祥,刘书才,刘怀书.栖霞地区蓬莱群的时代属震旦纪[J].山东地质,1996,12(1):63-68.
- [14] 黄鑫.山东大柳行地区金矿地质评价预测及优选[J].矿产勘查,2019,10(12):30-39.
- [15] 田杰鹏.胶东栖霞福矿集区中生代金多金属矿区域成矿作用[D].北京:中国地质大学(北京),2020:1-20.
- [16] 王凯,孟庆旺,高晓丰,等.1:5 万高精度重磁测量在栖霞-蓬莱金铜多金属成矿预测区的应用效果[J].山东国土资源,2014,30(7):60-64.
- [17] 曲少飞,鲁世朋,王国征.激电测量在莱西市山后金矿区萌山矿段的应用[J].山东国土资源,2009,25(10):37-40.
- [18] 平艳丽,刘杰,胡笑伟,等.山东沂南东汶河地区侵入岩地球物理特征及金刚石找矿前景浅析[J].山东国土资源,2024,40(5):10-16.
- [19] 赵晓博,张保涛,胡创业,等.鲁中地区矿山岩体北部倾伏端重磁异常特征及其找矿方向[J].山东国土资源,2024,40(3):85-93.

Geophysical Characteristics and Prospecting Direction of Dazhaojia Area in Penglai City in Shandong Province

YU Aili¹, ZHAO Jing², ZHAO Ruifeng³, LUAN Xiangyu³, ZHANG Keyu³

(1. Yantai Land Reserve and Utilization Center, Shandong Yantai 264003, China; 2. Yantai State Owned Assets Operation and Security Center, Shandong Yantai 264003, China; 3. Shanfa Haiyue Environmental Technology (Shandong) Limited Corporation, Shandong Yantai 264006, China)

Abstract: Comprehensive geophysical methods have a good indicative effect on the exploration of concealed metal minerals. The study area is located in the north part of Jiaodong Peninsula and the west part of Qixia - Penglai metallogenic belt in Dazhaojia area. Geological conditions for gold mineralization is very good. In this paper, focusing on Dazhaojia area in Penglai city, by using the differences in physical properties between rocks and ores, through comprehensive geophysical exploration, geophysical anomalies have been delineated. Multiple mineralized alteration zones have been discovered. I and III alteration zones are relatively large in scale, and reflect the occurrence characteristics of alteration zones in both horizontal and vertical directions. Distribution and characteristics of alteration zones in the area have been studied. Based on regional geological and geophysical characteristics, combining with the results of geophysical exploration, the prospecting prospects for gold deposits in Dazhaojia area in Penglai city have been analyzed. It is believed that the mineralization potential of I and III alteration zones is good. It will point out the direction and guide the next prospecting.

Key words: Geophysical characteristics; alteration zone; gold deposit; Dazhaojia area in Penglai city